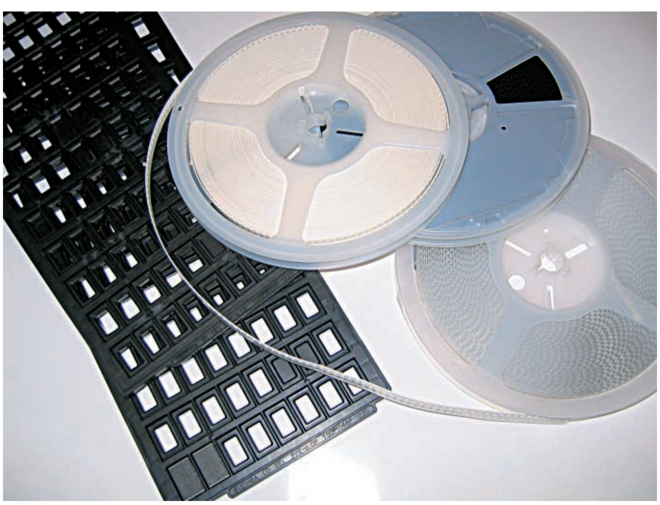
特集2 第1章

これがプリント基板の組み立て工程だ!

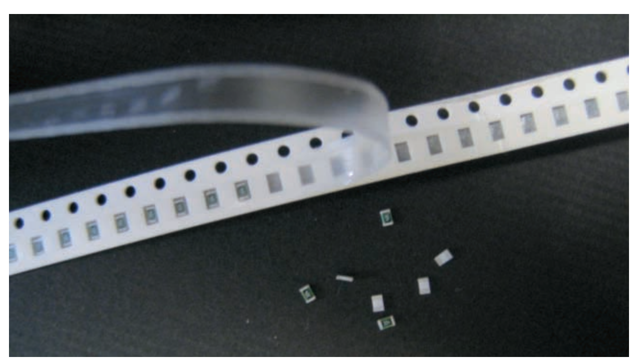
――フレッシャーズのための誌上工場見学

相田泰志

ここでは，プリント基板の組み立て（部品実装・出荷検査）工程について解説する．ボード設計者はもちろんのこと，回路設計者であっても，製造工程の知識がなければ，コストや性能の面で最適なプリント基板を設計することはできない．本稿で示す写真は，筆者が所属する会社（西山工業）の実際のプリント基板組み立てラインである．（編集部）



（a）リールとトレー



（b）テープに並んだSMT部品

写真1　SMT部品

小型のSMT部品は，長いテープの上に部品が並べられ，そのテープが巻かれたリール形状で供給される．比較的大きなSMT部品は，トレーに並べられた状態で供給される．

ASIC（application specific integrated circuit）やFPGA（field programmable gate array）の大規模化が進み，システムLSI（system on a chip）も身近なものになりつつあります．しかし，こうした大規模なLSIがプリント基板[注1]に取って代わるまでには至っていません．

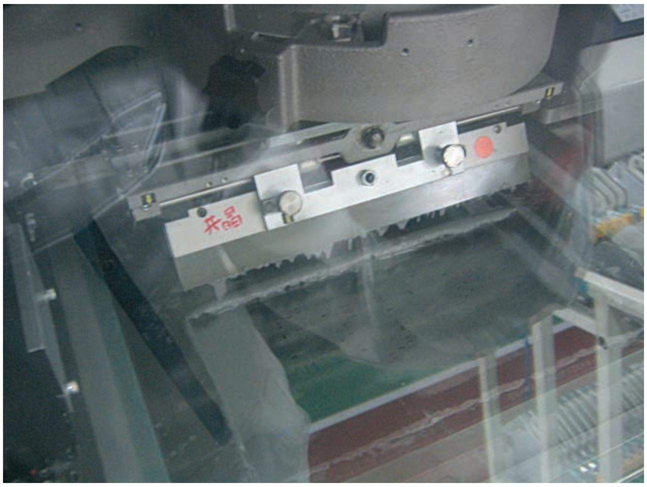
LSIや抵抗，コンデンサなどの電子部品は，プリント配線板に搭載され，ボードの形になることではじめて機能します．このため，プリント基板は実際に製造できるように設計しなくてはなりません．このためには設計者であっても，基板製造についての知識が必要になります．製造工程を知ることで，低コストで製造できるような設計も可能と

注1　部品実装前のプリント板を「プリント配線板」，「ベア・ボード」，「PWB（printed wiring board）」と呼び，部品実装後のプリント板を「プリント回路基板」や「PCB（printed circuit board）」，「ボード」と呼ぶ．「プリント基板」ということばは，「プリント配線板」としても「プリント回路基板」としても使われている．本稿では，部品実装の前後を問わず広い意味のときには「プリント基板」を用いるが，プリント板そのものを指すときは「プリント配線板」，部品実装後を指すときには「ボード」と表記する．

KeyWord　リード部品，SMT部品，メタル・マスク，自動実装機，アキシャル部品，ラジアル部品，フローはんだ槽，リフロ槽，インサーキット・チェッカ，ファンクション・チェッカ



（a）外観



（b）クリームはんだの印刷部

写真2　クリームはんだ印刷機
SMT部品を実装する場合には，プリント配線板上にクリームはんだと呼ばれるペースト状のはんだを印刷する．

なります．

ここでは電子機器に欠かせない，プリント基板の製造（組み立て）工程を簡単に紹介します．

プリント基板の組み立ては，

1）部品実装工程――プリント配線板に部品を取り付ける．
2）はんだ付け工程――はんだ槽やリフロ槽を通してはんだ付けを行う．
3）修正工程――自動機で作成された基板の確認，修正を行う．
4）チェック工程――部品がまちがいなく取り付けられているかどうか，ボードとして正常に機能するかどうかのチェックを行う．

と大きく4工程から成り立っています．

● 2種類の部品の実装方法

電子機器で用いられる部品は，リード部品とSMT（surface mount technology；表面実装技術）部品（SMD：surface-mounted device）の二つに分類されます．

リード部品は，プリント基板上の穴に部品のリード線を差し込んで実装します．SMT部品は，穴をあけることなくプリント基板上に貼り付けるように実装するタイプです．

最近のディジタル機器の部品は，ほとんどがSMT部品になりつつあります．しかし，電源や電流容量の多い場所などでは，リード部品も依然として使われています．

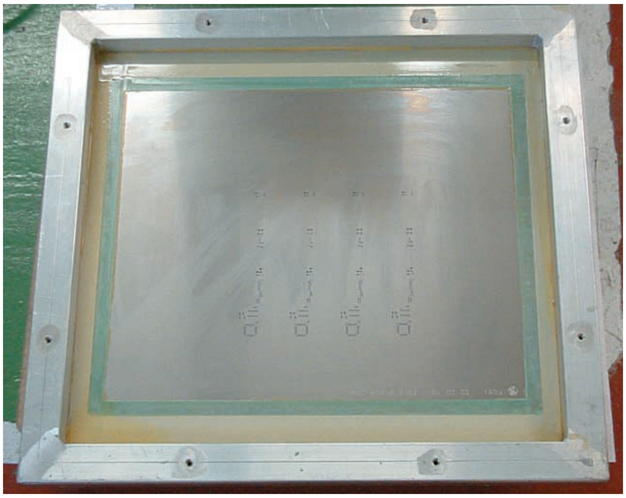


写真3　メタル・マスク
クリームはんだをプリント配線板に印刷する際には，はんだを塗る部分だけに穴が空いている金属の板を使用する．

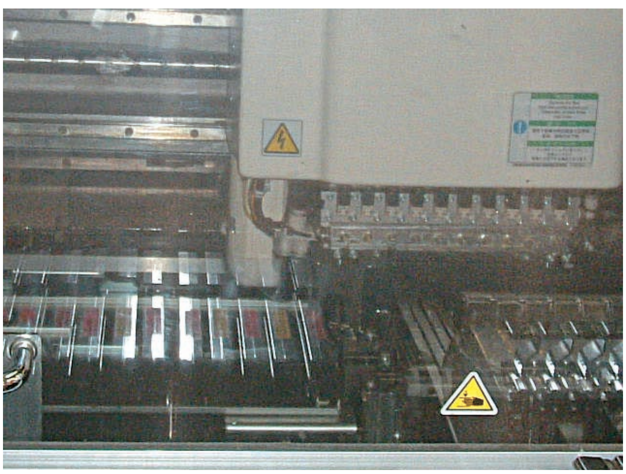
● SMT部品の実装とはんだ付け

写真1にSMT部品の例を示します．小型のSMT部品は，長いテープの上に部品が並べられ，そのテープが巻かれたリール形状で供給されます．また，CPUやメモリなどの比較的大きなSMT部品は，トレーに並べられた状態で供給されます．

SMT部品を実装する場合には，まずプリント配線板上にクリームはんだと呼ばれるペースト状のはんだを印刷します（**写真2**）．これは，メタル・マスクと呼ばれる版（**写**



（a）外観



（b）部品実装部

写真4　SMT部品自動実装機
リールやトレーで供給された部品をプリント配線板の上に載せていく際には，SMT部品自動実装機を用いる．

真3）を使って印刷されます．

次に，クリームはんだの上に部品を実装していきます．これらはSMT部品自動実装機により，指定された位置に実装されます（写真4）．SMT部品の自動実装機では，機種によって異なりますが，1台当たりおよそ100種類までの部品を実装することができます．1台の実装機で実装しきれない場合もあるので，多くの実装工場では，実装機を数台並べて，多くの部品を実装できるようにしています．実装速度は部品によっても違いますが，10数個/sぐらいが一般的です．

SMT部品は，クリームはんだの上に置かれたままでは

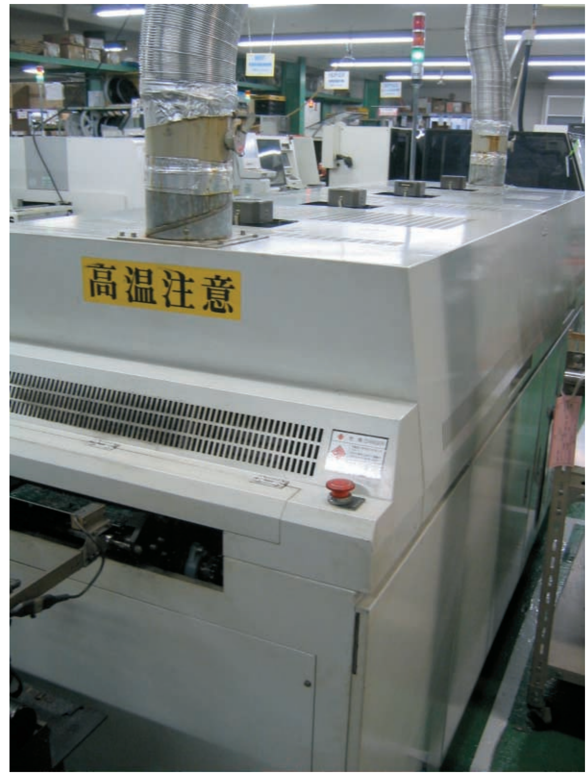


写真5　リフロ槽
SMT部品のはんだ付けにはリフロ槽を用いる．

運搬などが難しいので，この時点でリフロ槽と呼ばれる加熱槽に入れられます（写真5）．リフロ槽で加熱されることによりクリームはんだが溶けて，SMT部品がはんだ付けされます（図1）．

また，SMT部品を両面に実装する場合には，プリント基板を表裏逆にして同じ工程を繰り返す両面リフロを用います．また，接着剤でSMT部品を基板に貼り付け，フローはんだ槽（詳しくは後述）を通して実装する方法もあります．

このSMT部品の実装の工程はコンベアで連結され，自動的に流れていきます．

● リード部品の自動実装

自動挿入機用のリード部品は，テープでつながった形で供給されます．

リード部品のうち，抵抗やダイオードなど，部品の両側をテープで付けられているものをアキシャル部品と呼びます（写真6）．アキシャル部品はアキシャル部品自動挿入機でリード線をカットし，足を曲げ，プリント基板の穴に挿入します（写真7）．そして，プリント基板の裏側（部品実

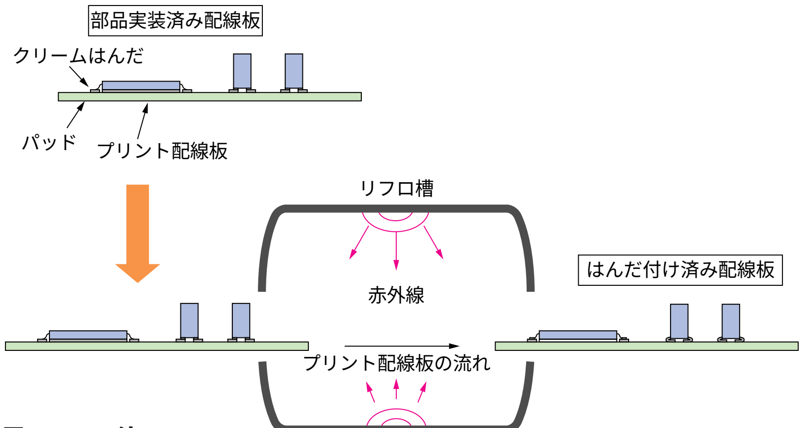


図1　リフロ法
リフロ槽で加熱されることによりクリームはんだが溶けて，SMT部品がはんだ付けされる．

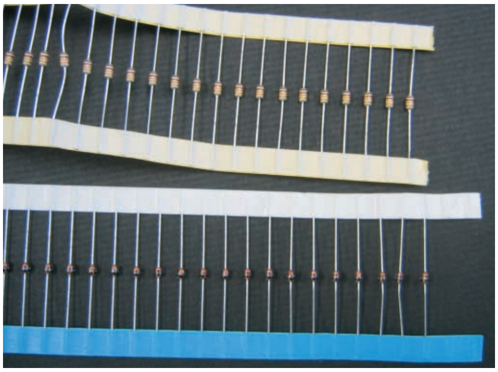


写真6　アキシャル部品
抵抗やダイオードなど，部品の両側をテープで付けられているものをアキシャル部品と呼ぶ．



(a) 外観



(b) 部品装てん部

写真7　アキシャル部品自動挿入機
リード線をカットし，足を曲げ，プリント基板の穴に挿入する．

装面と反対側)に出ている部品の足は，プリント基板から抜けないように曲げられます．

また，リード部品でも，コネクタやスイッチ，トランジスタなどは部品の片側だけテープで留められているものがあります．これをラジアル部品と呼びます(**写真8**)．ラジアル部品はラジアル部品自動挿入機でリード線をカットし，プリント基板上の穴に挿入されます(**写真9**)．

機種や装てんするマガジンによって異なりますが，リード部品の自動実装機では，1台当たり数十種類の部品を実装することができます．SMTと違いリード部品の場合には，基板を動かしても落ちることがありません．そのため，多くの種類の部品を実装する場合も，部品を入れ替えて同じ機械で実装することで対応できます．実装速度は3～4個/sぐらいが一般的です．

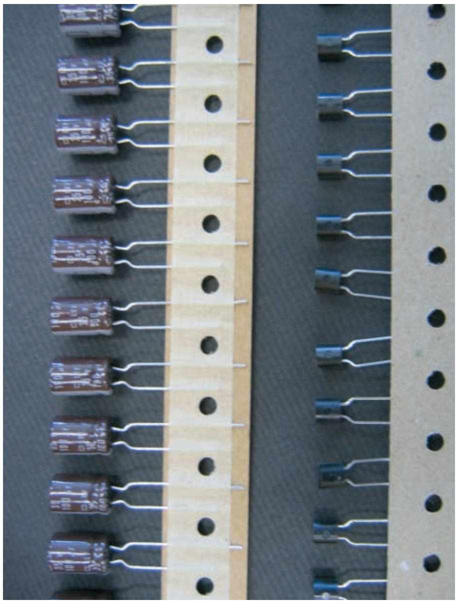


写真8　ラジアル部品
コネクタやスイッチ，トランジスタなど，部品の片側だけがテープで留められているものをラジアル部品と呼ぶ．



（a）外観



（b）部品装てん部

写真9　ラジアル部品自動挿入機
リード線をカットし，プリント基板上の穴に挿入する．

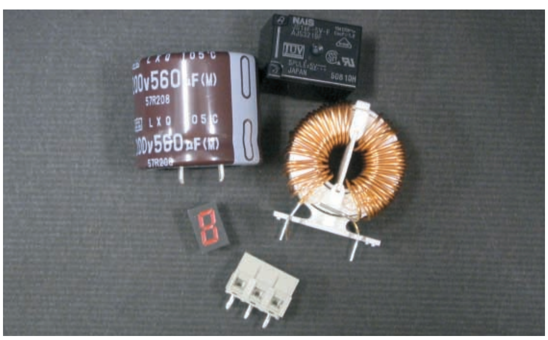


写真10　手挿入が必要な部品の例
比較的大型の部品の中には，自動挿入機では挿入できないものがある．



写真11　手挿入工程
手挿入を行う部品は，フォーミングなどを，あらかじめ行っておく．

● リード部品の手挿入

リレーやコネクタ，コイルなどの部品のうち比較的大型の部品の中には，自動挿入機で挿入できないものがあります(**写真10**)．自動実装に対応していない部品は，人間の手でプリント基板に挿入しなければなりません．

部品の挿入にロボットなどを使う場合もあります．しかし，部品に合わせてロボットを設置し，設定しなければならないため，これは大量生産時に限られます．大量生産時を除いては，量産品であっても手挿入がほとんどです．

手挿入を行う部品は，リード線の長さを合わせたり，穴の間隔に合わせてリード線の幅を調整するなどのフォーミングを，あらかじめ行っておきます(**写真11**)．

● リード部品のはんだ付け

リード部品のはんだ付けには，フローはんだ槽と呼ばれる装置を用います(**写真12**)．

フローはんだ槽では，溶かされたはんだが噴流しています．リード部品が挿入されたプリント基板は，このはんだの表面を流れます．プリント基板のレジスト部にははんだが付かず，パッド部分にのみはんだが付くため，部品がはんだ付けされることになります(**図2**)．

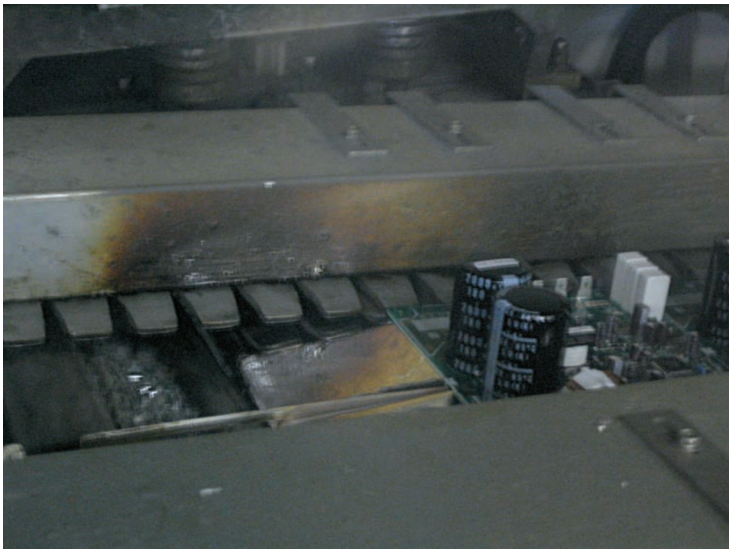
最近は鉛フリーはんだが主流です．

● 修正工程

はんだ付けが終わったら，正しく製造されているかどうかを確認します．はんだブリッジ(本来接続されない2点がはんだによってつながってしまっている)や未はんだ(は



（a）外観



（b）はんだ噴流部

写真12　フローはんだ槽

リード部品のはんだ付けには，フローはんだ槽を用いる．

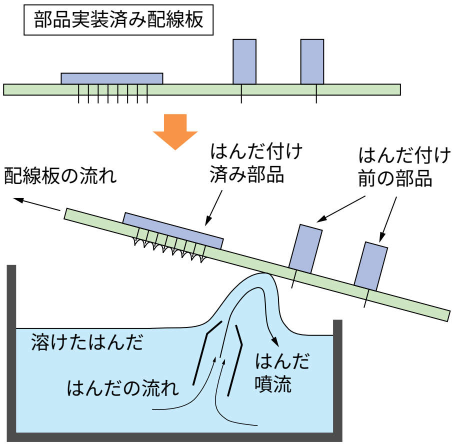
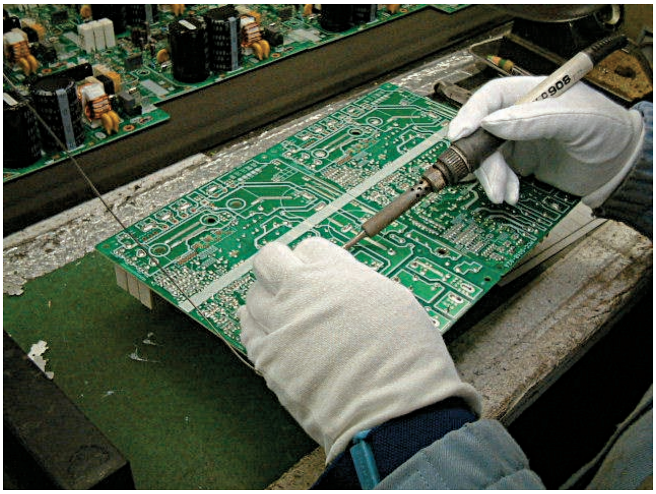


図2　フロー法

フローはんだ槽では，溶かされたはんだが噴流している．リード部品が挿入されたプリント基板は，このはんだの表面を流れる．プリント基板のレジスト部にははんだは付かず，パッド部分にのみはんだが付くため，部品がはんだ付けされる．



（a）ラインのようす



（b）人手によるはんだ付け

写真13　修正工程

はんだブリッジや未はんだなどの部分があれば，修正を行う．

んだが付いていない）などの部分があれば，修正を行います．

機械実装が完全であれば修正の必要はないのですが，実際には100%完全というわけにはなかなかいかないため，簡単なチェックを，やはり人間の手で行います（写真13）．

リード部品の手挿入からフローはんだ，修正までは，一連の作業として実施されます．

1



写真14　インサーキット・チェッカ
プリント基板のパターン間の抵抗などを測定することで，部品が正しく実装されていることや，まちがった部品が実装されていないかをチェックする．

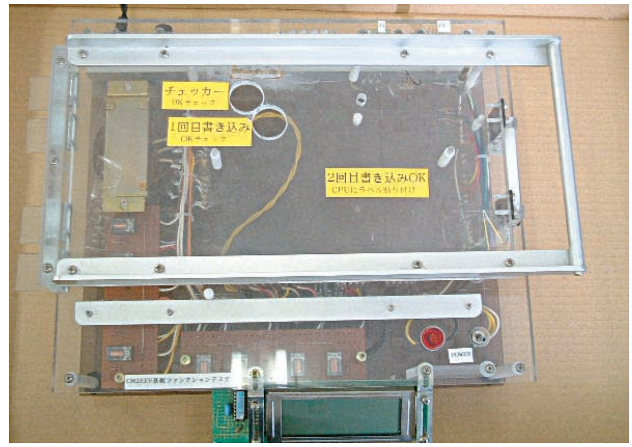


写真15　ファンクション・チェッカの例
ボードを製品に実装したときと同じような模擬負荷を付けて，動作を確認する．

● チェック工程

ボードが完成したかどうかのチェックを行います．

まず，部品がプリント基板上にまちがいなく実装されているかどうかを確認するために，インサーキット・チェッカ（**写真14**）を用います．これは，プリント基板のパターン間の抵抗などを測定することで，部品が正しく実装されているか，まちがった部品が実装されていないかなどをチェックします．最近では，画像認識によるチェッカなどもあります．

次に，ファンクション・チェッカと呼ばれる装置で，機能的なチェックを行います（**写真15**）．製品の種類などによっても違いますが，ボードを製品に実装したときと同じような模擬負荷を付けて，動作を確認します．一般的にファンクション・チェッカは，ボードごとに用意されます．

● 後処理，出荷

プリント配線板に部品が実装され，ボードとして完成します．

製品によっては，環境対策などのためにコーティングと呼ばれる皮膜でボードそのものを覆ったり，振動対策のために大型部品などをシリコンや接着剤などで固定するといった工程が入ります．

これらの工程を経て，出荷となります．

● 製造しやすいハードウェアを設計しよう

簡単ですが，プリント基板の製造過程を紹介しました．巨大な量産工場の場合は別ですが，人の介在するところが意外と多いと感じた方もいると思います．

ボード設計の際には，部品コストや機能はもちろんたいせつなのですが，どのような工程でどのような順番で実装されるのかというような製造面も重要なファクタとなります．例えば，リード部品を表裏両面から実装するような構造にすると，どちらかの面は，人手ではんだ付けしなくてはなりません．すると，コストにも品質にも跳ね返ってきます．また，部品どうしの距離など，実装機で実装できる範囲や，はんだ槽を通したときにはんだがブリッジしにくい方向など，製造設備にかかわる設計制約も少なくありません．

回路設計者自身がパソコン上でプリント基板のアートワークまで行う場合もあります．ハードウェア設計者でも，回路設計だけでなく，使う立場や作る立場になって考えることがたいせつです．製造しやすいハードウェアを目ざした設計ができるように，スキルアップしていきたいものです．

参考・引用*文献

(1) 浅山哲；ビギナーズのためのプリント基板開発ガイド，Design Wave Magazine，2004年5月号別冊付録．

そうだ・やすし
西山工業（株）